

Espelhos e Fontes de Corrente

✓ Espelho de Corrente

Espelho de Corrente de *Wilson*

Espelho de Corrente de *Widlar*

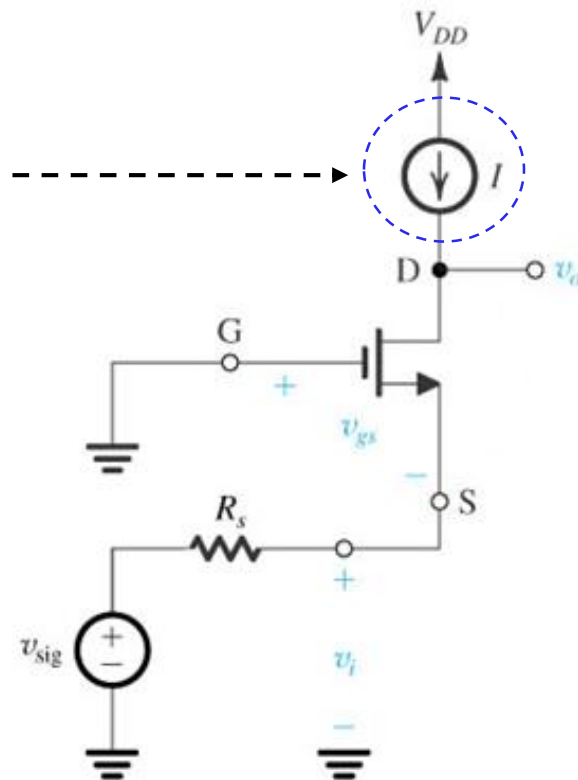
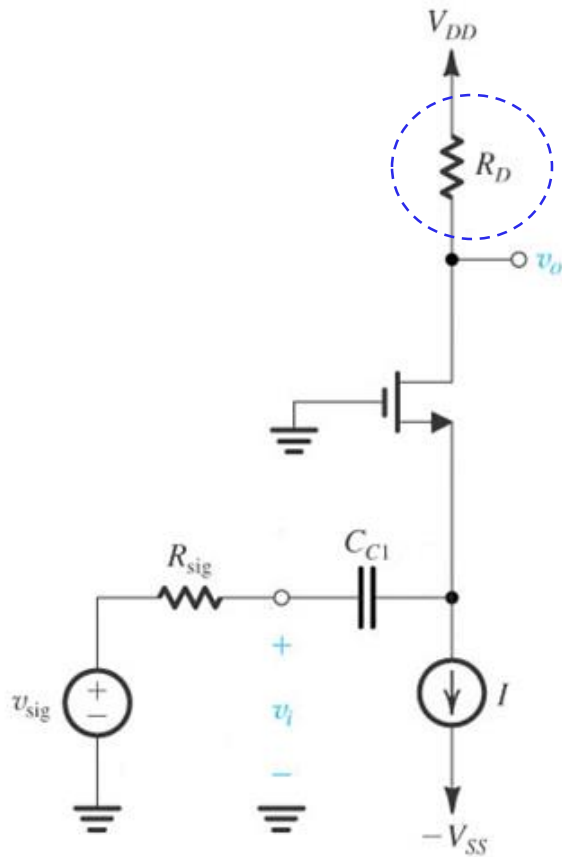
Fontes de Corrente como carga ativa

Espelhos e Fontes de Corrente

Circuitos Discretos

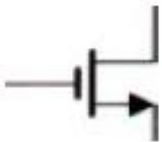
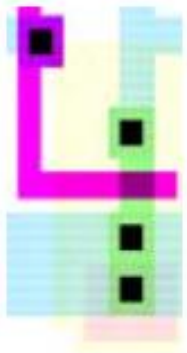
X

Circuitos Integrados



Espelhos e Fontes de Corrente

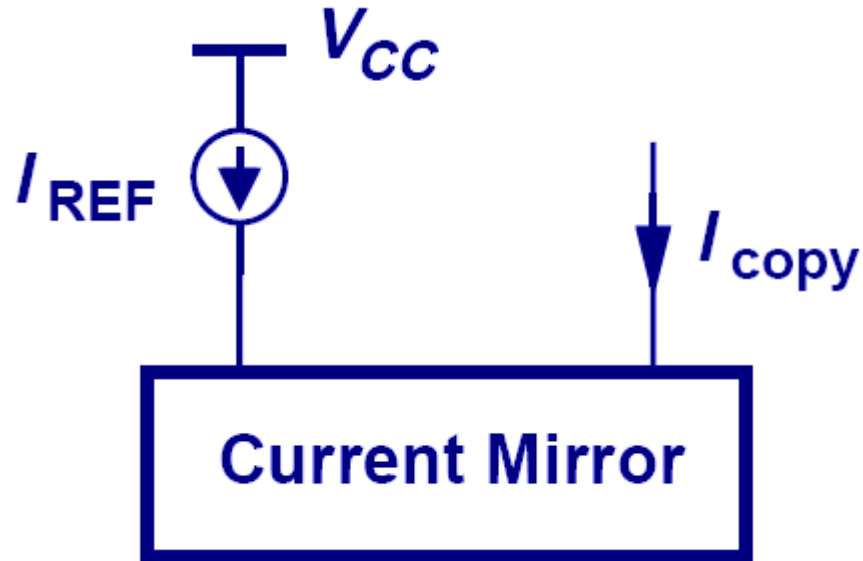
Comparação em relação a área ocupada para implementar um transistor e um resistor integrado



Escala: 1.2 μm



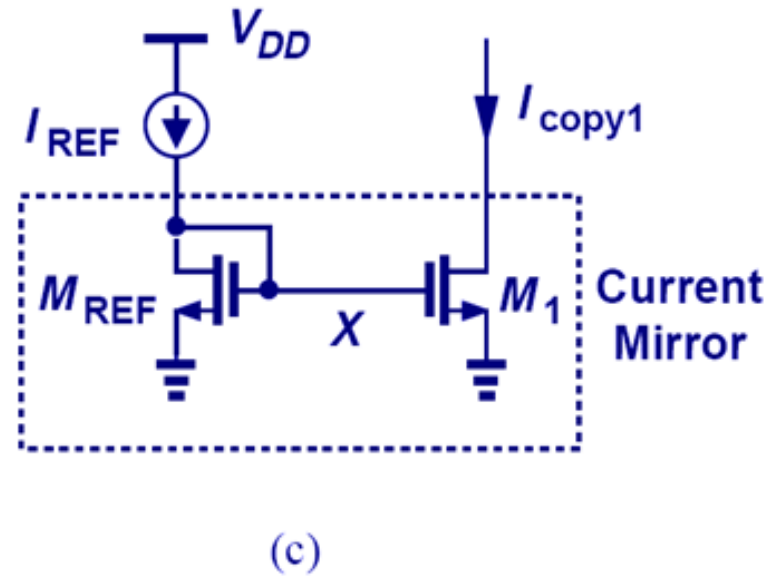
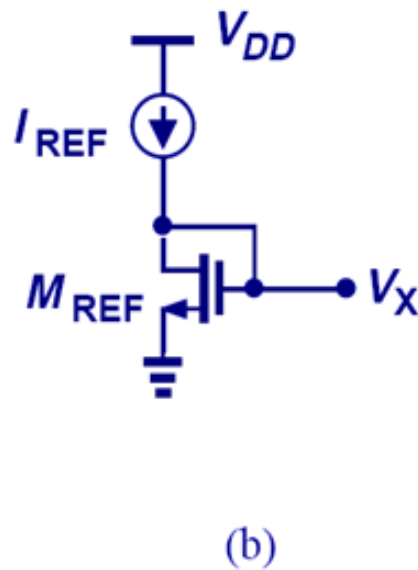
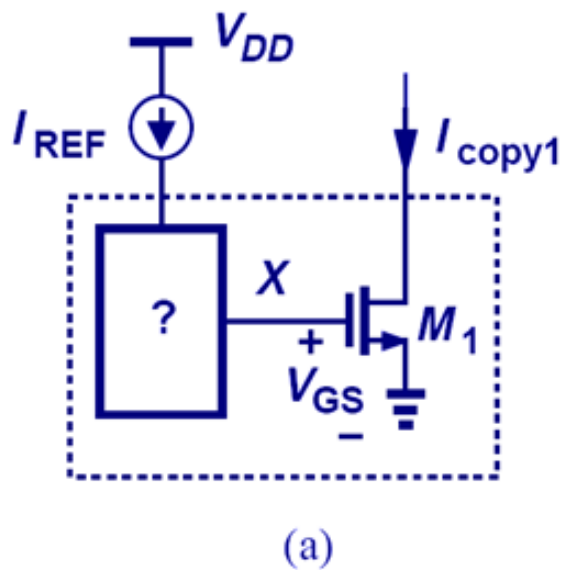
Espelhos e Fontes de Corrente



Motivação:

Usar uma corrente de referencia bem conhecida e replicar para **outras** partes do circuito.

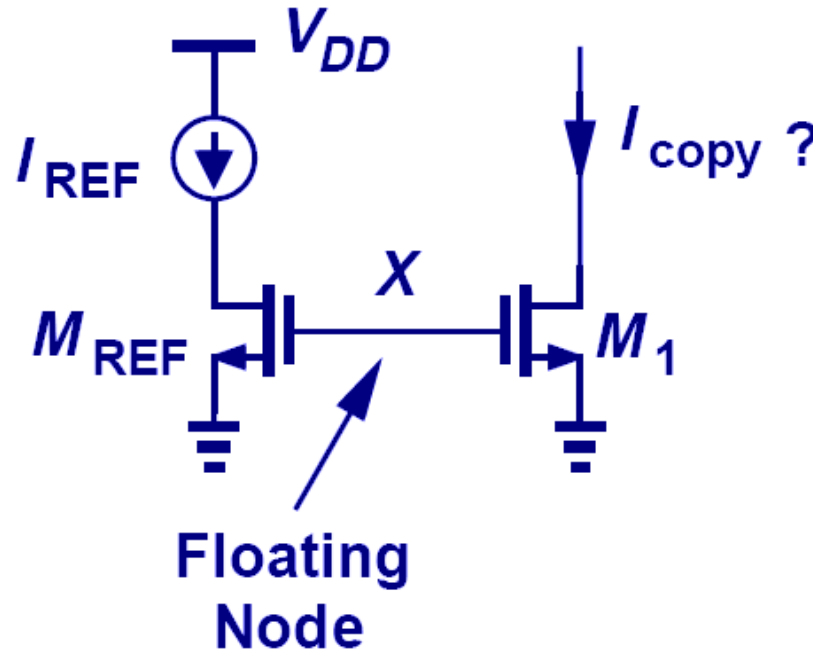
Espelhos e Fontes de Corrente



- a) I_{REF} = Circuitos especiais para corrente de referência (*bandgap*)
- b) Transistor MOS conectado no modo “diodo”
- c) Espelho de corrente

Espelhos e Fontes de Corrente

Isto **NÃO** é um espelho de corrente, pois a relação entre V_X e I_{REF} não é bem conhecida.



O transistor de M_{REF} deve estar configurado na conexão “diodo”, assim a relação entre V-I do transistor estará sempre definida pela relação quadrática (saturação)

Espelhos e Fontes de Corrente

Principais funções dos espelhos de corrente em um circuito integrado

Polarização

Fontes e sorvedouros de corrente

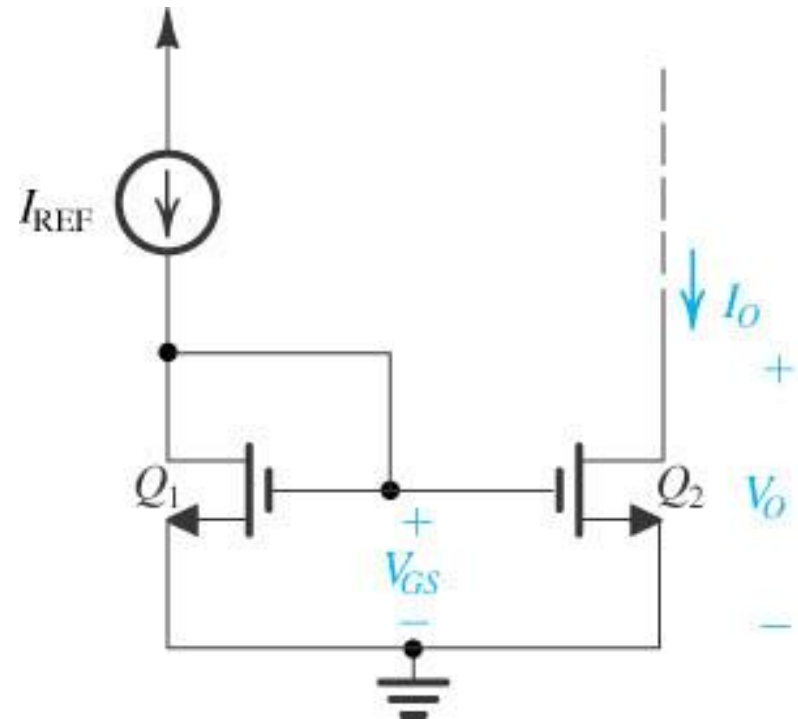
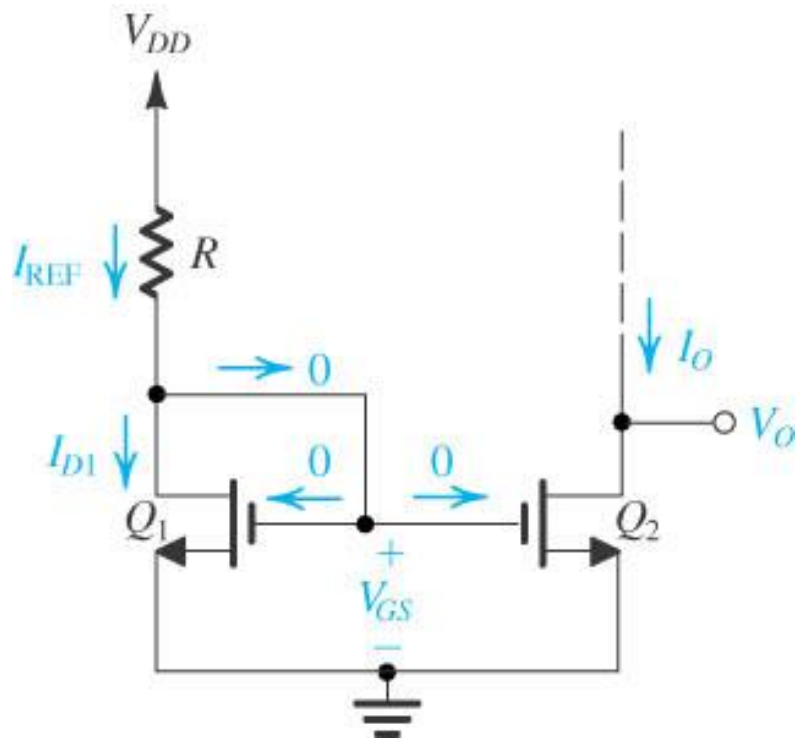
Carga ativa

Processamento e condicionamento de sinais

Multiplicadores/divisores

Espelhos e Fontes de Corrente

Espelho de corrente simples (MOS)

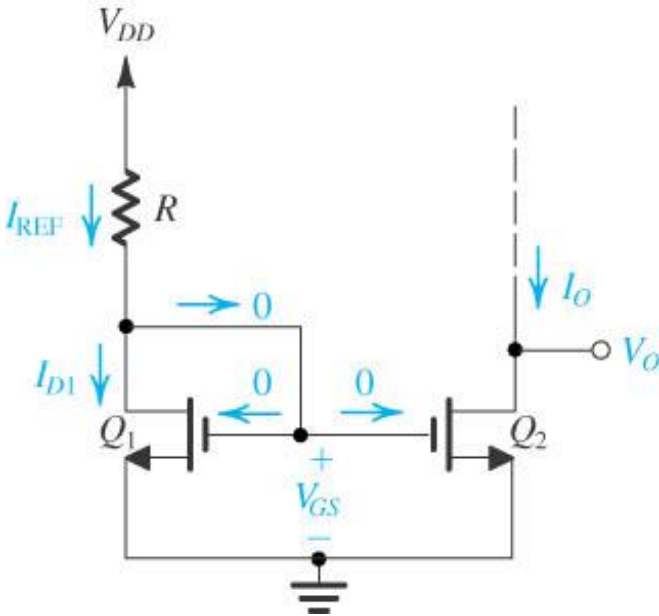


Espelhos e Fontes de Corrente

$$I_{REF} = \frac{V_{DD} - V_{GS}}{R}$$

$$I_{REF} = I_{D1} = \frac{1}{2} k'_n \left(\frac{W}{L} \right)_1 (V_{GS} - V_t)^2$$

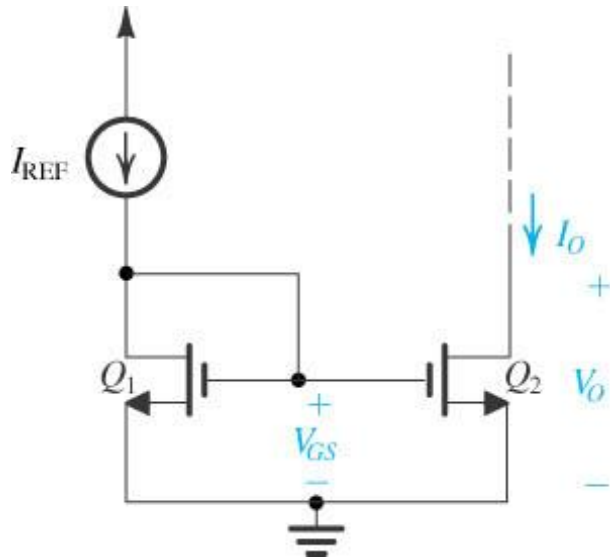
$$I_o = I_{D2} = \frac{1}{2} k'_n \left(\frac{W}{L} \right)_2 (V_{GS} - V_t)^2$$



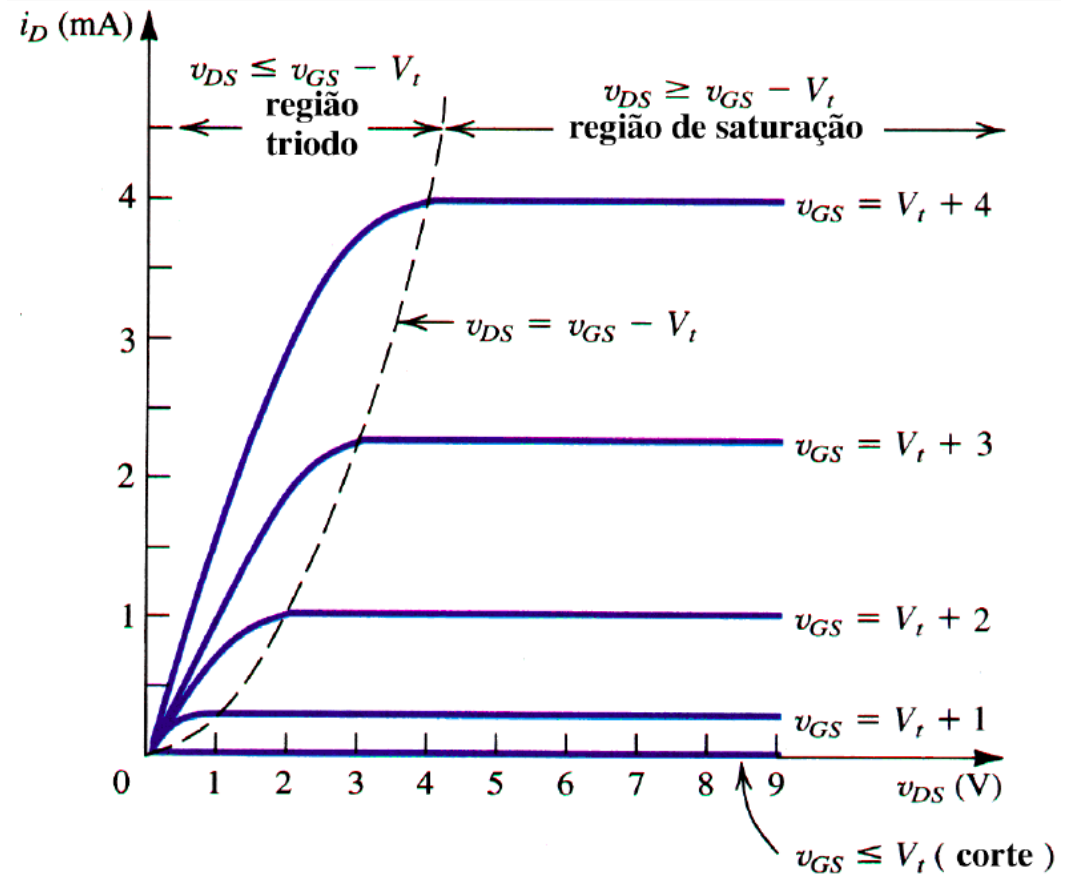
$$\frac{I_o}{I_{REF}} = \frac{(W/L)_2}{(W/L)_1}$$

Espelhos e Fontes de Corrente

Deve-se garantir que os transistores operem na **saturação**

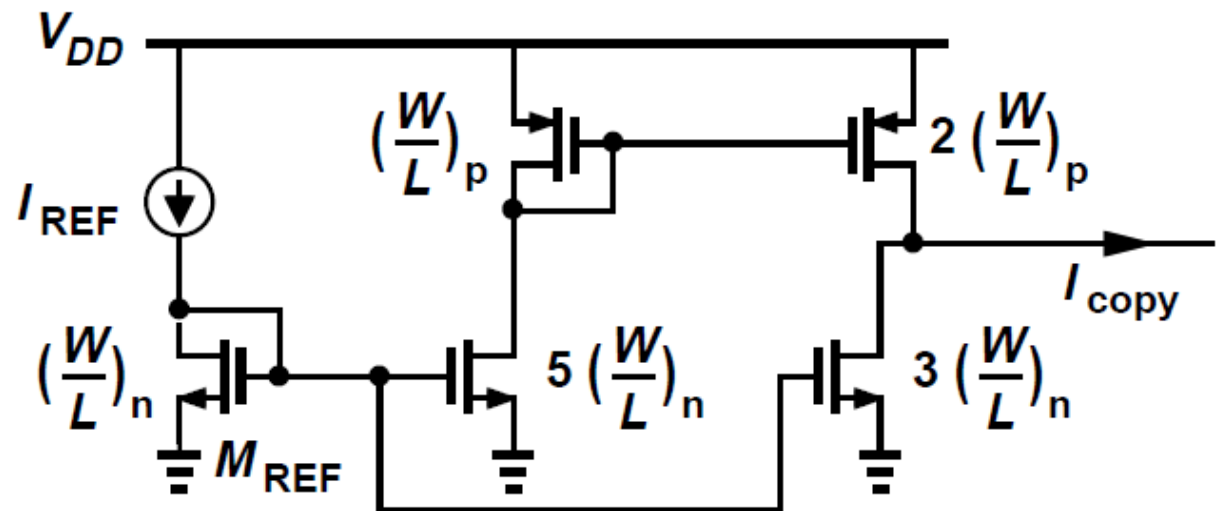
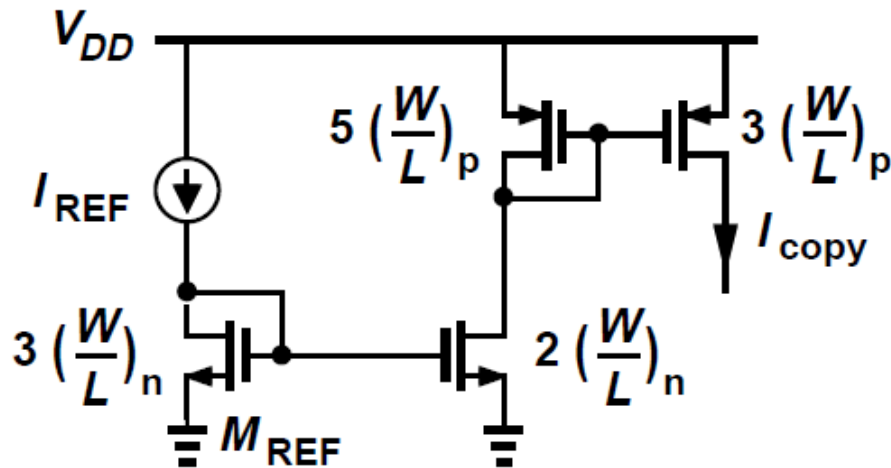


$$I_D = \frac{1}{2} k_n' \frac{W}{L} (V_{GS} - V_t)^2$$



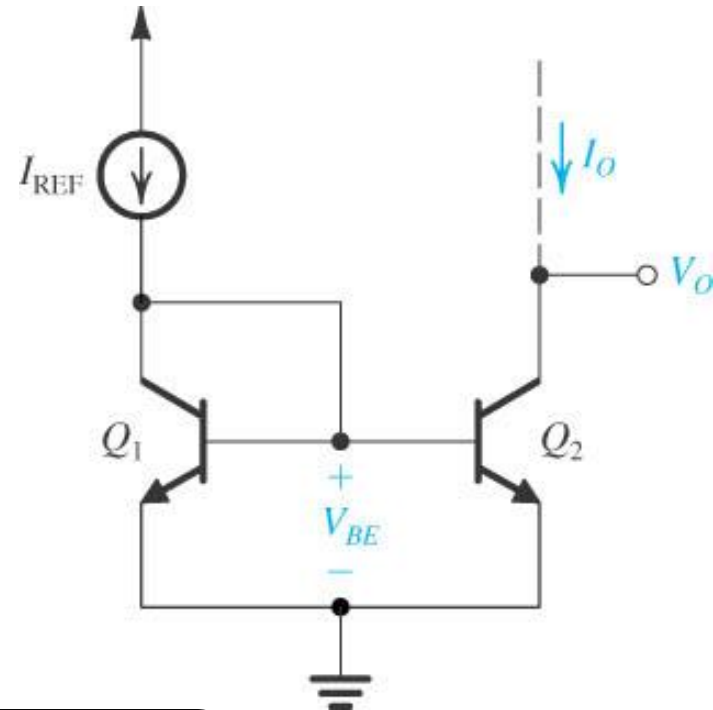
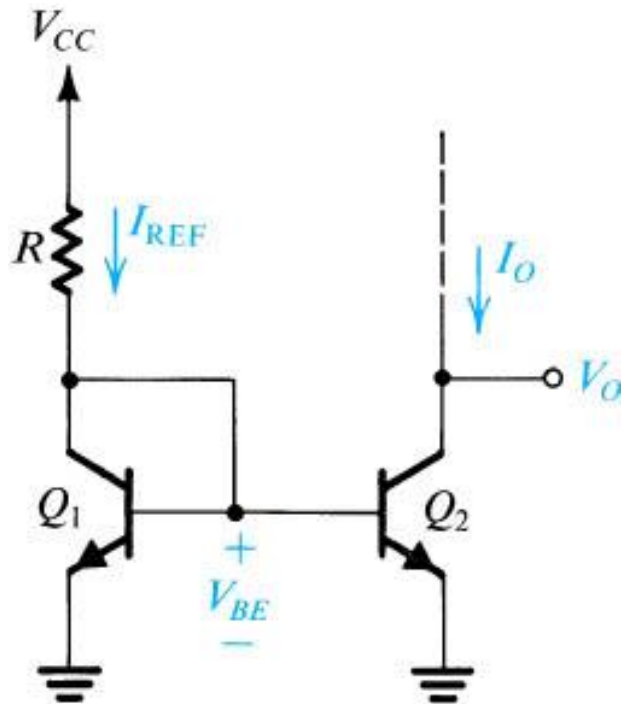
Espelhos e Fontes de Corrente

Ex. 1 : Calcule a corrente I_{copy} para os circuitos abaixo. Suponha que todos os transistores estão na saturação



Espelhos e Fontes de Corrente

Espelho de corrente simples (BJT)



$$\frac{I_O}{I_{REF}} = \frac{I_{S2}}{I_{S1}} = \frac{\text{área } Q_2}{\text{área } Q_1}$$

Espelhos e Fontes de Corrente

Geração de correntes constantes e de diferentes amplitudes

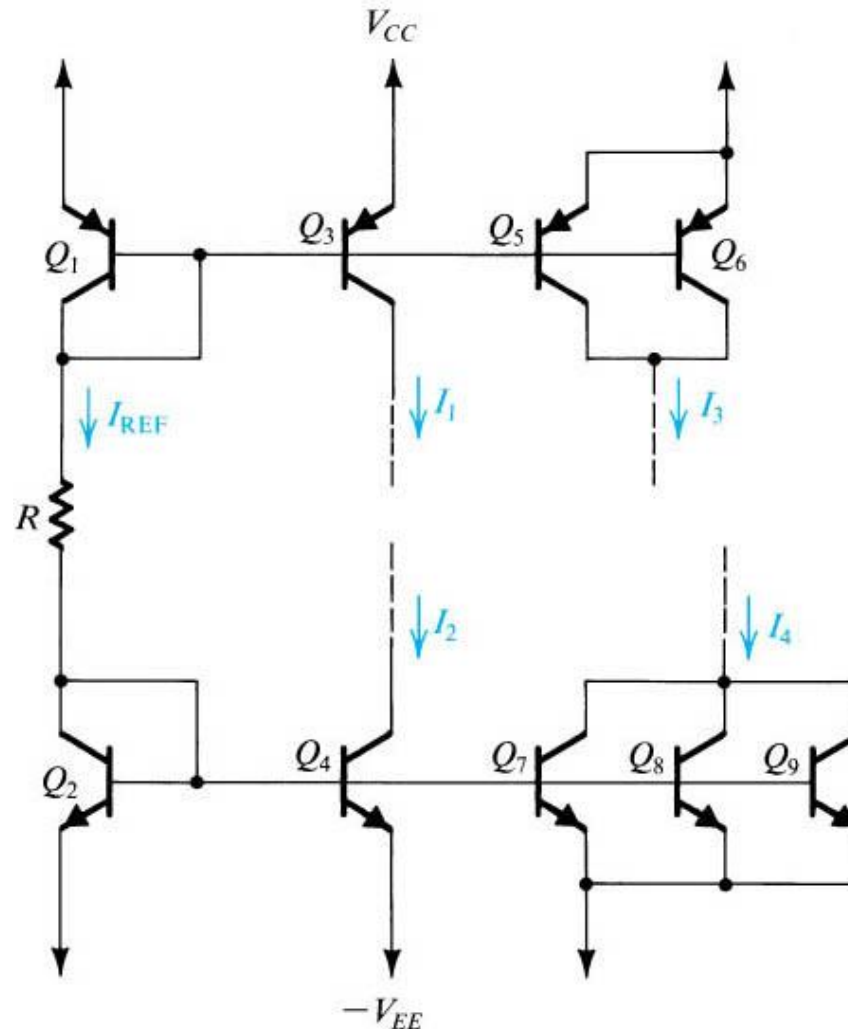
$$Q_1 = Q_2 = Q_3 \dots$$

$$I_1 = I_{REF}$$

$$I_2 = I_{REF}$$

$$I_3 = 2 \cdot I_{REF}$$

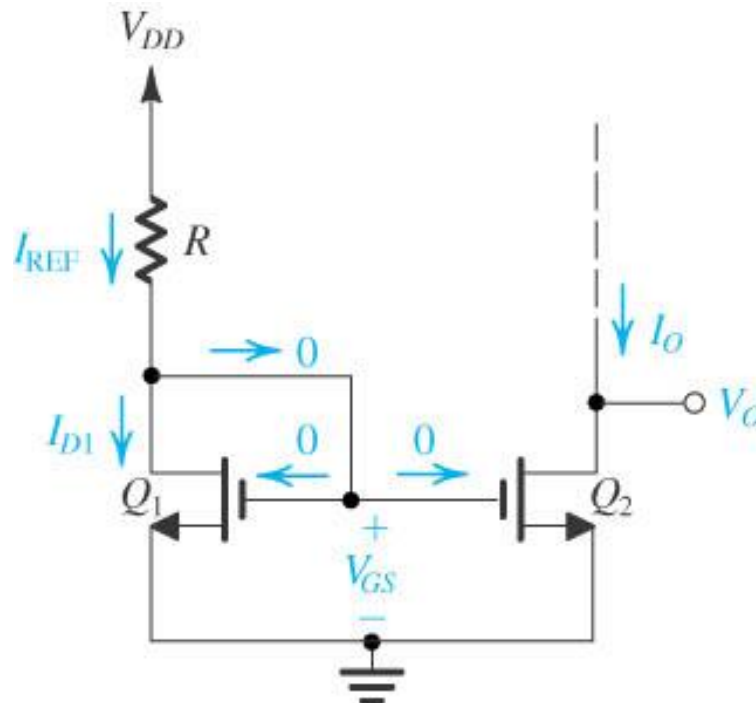
$$I_4 = 3 \cdot I_{REF}$$



Espelhos e Fontes de Corrente

Ex. 2: Calcule a corrente de saída I_o para o espelho de corrente abaixo. Considere $V_{DD} = 5$ V, $R = 10$ k Ω , $k'_n = 200$ μ A/V², $L_1 = 10$ μ m, $W_1 = 10$ μ m, $L_2 = 1$ μ m, $W_2 = 10$ μ m e $V_t = 0,5$ V.

Se a tensão de saída variar entre 1,5 e 3 V, todos os transistores se mantêm na saturação? Qual o limite para o valor de V_o ?



Espelhos e Fontes de Corrente

Sugestão de Estudo:

- Sedra & Smith 5ed.
Cap. 6, item 6.3

- Razavi. 2ed.
Cap. 9, item 9.2

Exercícios correspondentes.